

チタニウム合金の切削に及ぼすオレイン酸の影響

苫小牧高専 ○吉本健佑, 伊藤裕一郎, 池田慎一, 中津正志 牧野フライス製作所 高橋維玖馬 室工大名誉教授 田頭孝介

要 旨

焼きなましたチタン合金 Ti-6Al-4V の角材からワイヤーカット放電加工機で円柱状の切削用試料 ($\phi 70$ mm) を切り抜き、所定の予備切削後、回転数 70 rpm, 送り量 0.02 mm/rev および切込み量 1.0 mm で無塗布部およびオレイン酸塗布部を約 200 m 切削した。その結果、オレイン酸塗布部の切削抵抗は無塗布部に比べ減少し、その減少量は切削距離の増加に伴い増加した。工具すくい面の SEM 観察からはいずれの条件でも被削材の凝着が確認されたが、その凝着の痕跡はオレイン酸塗布により低減した。

1. 緒言

近年、チタニウム合金は自動車部品用・航空機用等の材料として広く使用されている。しかし、チタニウム合金の切削加工では小熱伝導率のために切削温度が高くなり、さらに、強い凝着性も示す。そのため切れ刃の凝着はく離損傷を避ける目的から、アルミニウム合金をはじめとする他の工業用金属材料に比べてきわめて非能率的な加工条件を選択しなければならないのが現状である。

一方、著者らは焼きなましたアルミニウム合金 A5052 に所定の予備切削し転位密度を大きくした表面に、濃度 0~100mass% のオレイン酸流動パラフィン溶液をわずかに塗布し乾式切削した。その結果、0.04mass% 以上の濃度で切削抵抗、切削面粗さおよび切りくず厚さが 0.04mass% 未満の濃度に比べてわずかではあるが減少することを確認した¹⁾。この塗布効果は軟質金属で顕著に確認できたが、難削材であるステンレス鋼でも確認されている²⁾。

そこで、本研究では最も広く使われているチタニウム合金 Ti-6Al-4V を切削用試料とし、過飽和カルボン酸であるオレイン酸の原液を塗布しながら切削したときの切削抵抗（主分力）を測定し、切削抵抗に及ぼすオレイン酸の影響を調べ、さらに、切削後の工具すくい面の凝着状態についても調べた。

2. 実験方法

被削材は焼きなましたチタン合金 Ti-6Al-4V の角材からワイヤーカット放電加工機で円柱状の切削用試料 ($\phi 70 \times 40$ mm) を切り抜いたものである。本実験の切削条件は表 1 に示す。本切削は図 1 のように被削材を旋削する。旋削でも本切削を行う前に同一径を切削するときの条件（加工変質層等）を同一にするために予備切削を行う。

上述した予備切削は本切削の直前に切削速度 50~80 m/min の低速ドライ切削で、切込み量 0.1 mm, 5 回の条件で仕上げる。その後、本切削は予備切削時の様々な影響を取り除くためにアセトンで洗浄し、無塗布部の切削はそのまま行い、オレイン酸塗布部は図 1 の塗布剤塗布面に綿棒で連続的に塗布しながら行う。そのため、従来のこの種の実験（二次元切削）とは異なり塗布剤がすくい面やにげ面に浸入する可能性は十分にある。本切削の切削速度は 10~15 m/min と予備切削よりさらに低速であるが、これは切削熱による塗布剤の蒸発を極力取り除くためである。本切削で使用する工具は未使用品を使用し、切削後の塗布剤の有無による凝着状態の変化を観察する。工具すくい面の観察については SEM で行う。図 1 に示す本切削時の切削抵抗（主分力： F_T , 送り分力： F_A , 背分力： F_R ）は圧電式の工具動力計で測定する。

以上の条件で無塗布部およびオレイン酸塗布部の切削を行い、その時の切削抵抗を測定し、さらに、切削後の工具すくい面の SEM 観察を行いチタニウム合金の切削に及ぼすオレイン酸の影響を調べた。

表 1 切削条件

予備切削	
回転数	360 rpm
送り量	0.04 mm/rev
切込み量	0.1 mm×5
塗布剤	なし
本切削	
回転数	70 rpm
送り量	0.02 mm/rev
切込み量	1.0 mm
塗布剤	オレイン酸溶液
切削工具	
工具材種	K-10 (WC)
すくい角	0°, 10°
逃げ角	11°, 1°
前切刃角	30°
横切刃角	0°
刃先先端の丸み	5 μ m

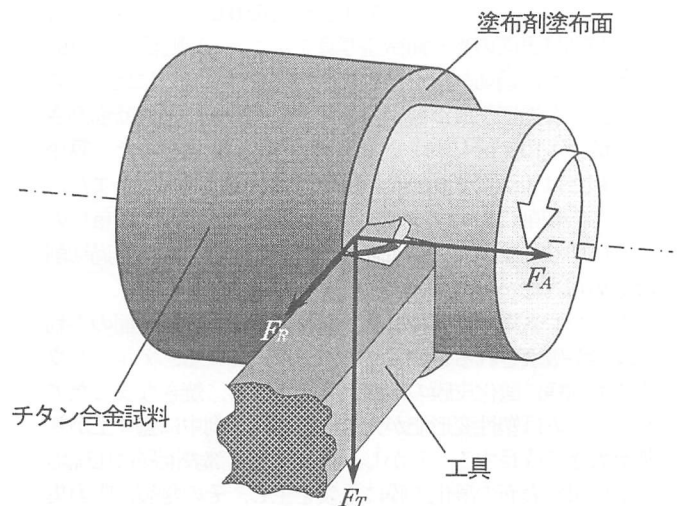


図 1 旋削の概要

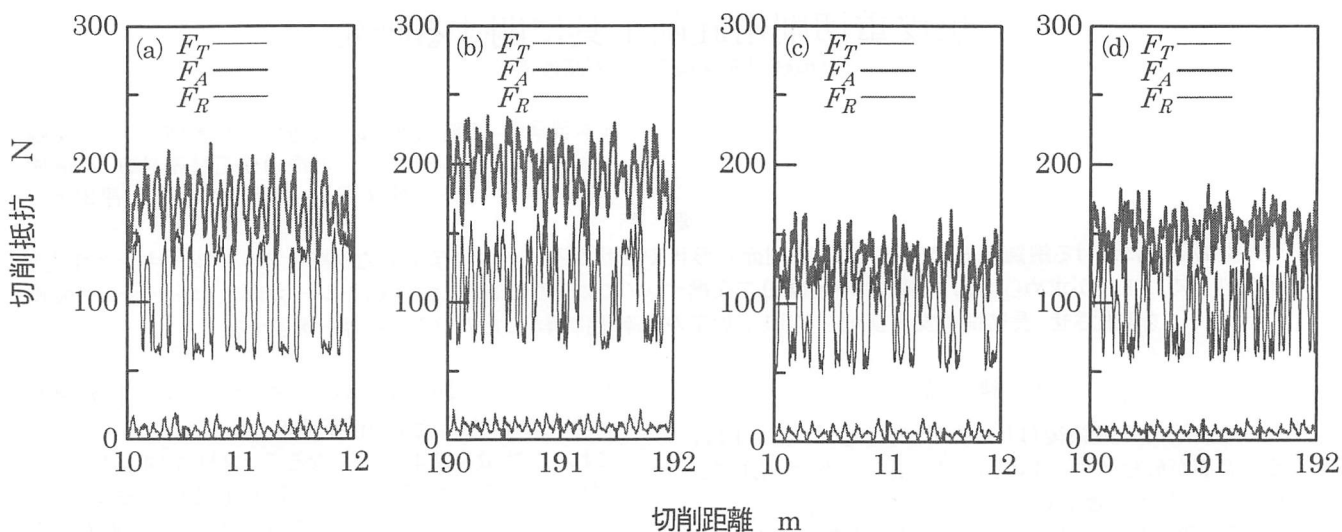


図2 切削抵抗に及ぼすオレイン酸の影響

無塗布部： (a) 切削距離 10～12 m, (b) 切削距離 190～192 m
 オレイン酸塗布部： (c) 切削距離 10～12 m, (d) 切削距離 190～192 m

3. 実験結果および考察

図2にすくい角 10° ，切削速度約 10 m/min，送り量 0.02 mm/rev および切込み量 1.0 mm で (a) (b) 無塗布部と (c) (d) オレイン酸塗布部を切削したときの切削抵抗に及ぼす切削距離の影響を示す。共に最終切削距離は約 200 m である。切削距離は (a) および (c) が前半部の 10～12 m を，(b) および (d) が後半部の 190～192 m を示す。切削抵抗はオレイン酸の塗布の有無に関係なく送り分力が最も大きくなっている。また，三分力の全てで大きく変動しており主分力，送り分力および背分力の変動量はそれぞれ約 80，60，10 N を示している。この変動量は切削距離 200 m でも同一であった。無塗布部では主分力の最大値が (a) 前半から (b) 後半で約 150 N から約 160 N と 10 N の増加が確認できる。送り分力では，約 200 N から約 230 N と 30 N 増加している。オレイン酸塗布により主分力の最大値は (c) 前半で約 10 N，(d) 後半で約 20 N 減少している。送り分力の最大値は (c) 前半で約 40 N，(d) 後半で約 50 N 減少している。背分力に関しては塗布の有無による大きな違いが確認できなかった。

このように切削距離 200 m までも切削距離の増加に伴い切削抵抗が増加し，その切削抵抗はオレイン酸塗布により減少することが確認できた。特に，すくい角 10° という条件では送り分力に及ぼすオレイン酸塗布の影響が最も大きく，その減少量は，切削距離 200 m で約 30 N 増加するのをオレイン酸塗布により約 20 N に減少させた。

図3に (a) 無塗布部および (b) オレイン酸塗布部を切削距離 200 m 切削したときの工具すくい面の SEM 写真を示す。いずれのすくい面にも横切れ刃(写真下側)から凝着の痕跡が確認できる。しかし，その凝着の痕跡は無塗布部と比べオレイン酸塗布の方が明らかに少ない。チタニウム合金の加工ではこの凝着現象と工具摩耗が密接に関係すると言われている。つまり，この凝着現象は切削抵抗に大きな影響を与えたと考え，オレイン酸塗布による切削抵抗の減少は切削中の凝着現象が抑制されたためと考えることができる³⁾。

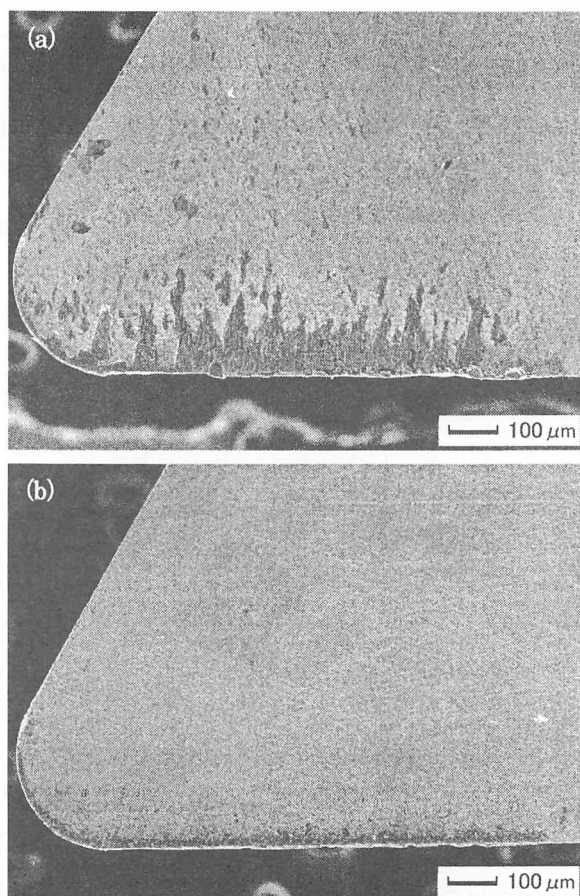


図3 工具すくい面の SEM 写真

(a) 無塗布部切削後，(b) オレイン酸塗布部切削後

参考文献

- 1) 船田和也：2005年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集，(2005) 71.
- 2) 張春艶，池田慎一，田頭孝介：精密工学会誌，71, 7 (2005) 905.
- 3) 篠崎賢二他：精密工学会誌，66, 2 (2000) 224.